

CLIPPEDIMAGE= JP02000197292A
PAT-NO: JP02000197292A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2000197292 A
TITLE: PERMANENT-MAGNET ROTOR OF PERMANENT-MAGNET MOUNTED MOTOR

PUBN-DATE: July 14, 2000

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
OKAWA, YOSHIMITSU	N/A
MATSUBARA, HIROKI	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
MITSUBISHI ELECTRIC CORP	N/A

APPL-NO: JP11187835

APPL-DATE: July 1, 1999

INT-CL_(IPC): H02K001/27; H02K015/16 ; H02K021/14

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To see that the rotor can lessen the cogging torque, lessen the vibration and noise, and further lessen the unevenness of rotation without incurring the cost up.

SOLUTION: This rotor is provided with rectangular magnet mounting holes 22 at equal intervals by the number of poles of a rotor in the circumferential direction of a rotor iron core 21, and a permanent magnet 23 is mounted in each of the magnet mounting hole 22 so that the adjacent magnetic poles may vary from each other, with their magnetic pole facing in the radial direction of the iron core. In this case, the peripheral shape of the iron core magnetic pole 24 made at each peripheral magnetic pole face of the permanent magnet 23 is made in such circular form in every iron core magnetic pole that the distance from the center of the iron core becomes the largest at the center Pa in circumferential direction, and that the distance from the center

of the iron
core may be the smallest at the point Pb between poles.

COPYRIGHT: (C)2000, JPO

JP2000-197292A

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2000-197292
(P2000-197292A)

(43)公開日 平成12年7月14日 (2000.7.14)

(51)Int.Cl.⁷
H 02 K 1/27

識別記号
501

F I
H 02 K 1/27

テマコード(参考)
501M 5H615
501A 5H621
501G 5H622
501K

15/16

15/16

A

審査請求 未請求 請求項の数20 OL (全 14 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平11-187835

(22)出願日 平成11年7月1日 (1999.7.1)

(31)優先権主張番号 特願平10-299992

(32)優先日 平成10年10月21日 (1998.10.21)

(33)優先権主張国 日本 (JP)

(71)出願人 000006013

三菱電機株式会社
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72)発明者 大川 義光
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内

(72)発明者 松原 浩樹
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内

(74)代理人 100089118
弁理士 酒井 宏明

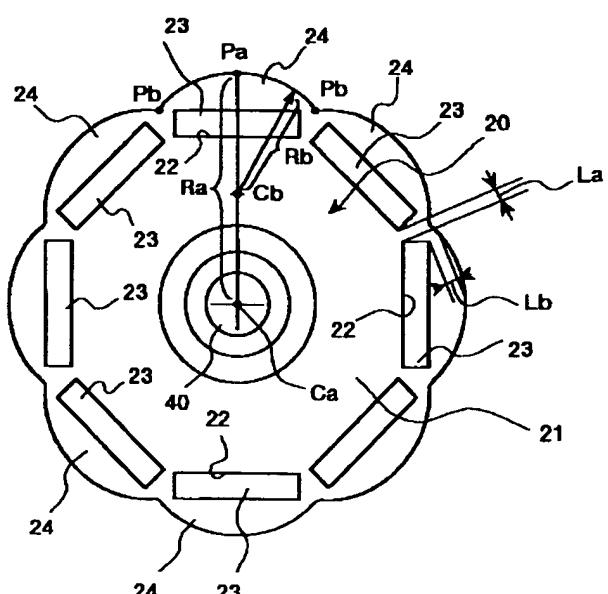
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 永久磁石型電動機の永久磁石型回転子

(57)【要約】

【課題】 コスト高を招くことなく、コギングトルクが小さく、振動や騒音、ひいては回転むらを小さくできること。

【解決手段】 回転子鉄心21の円周方向に回転子の極数分等間隔に矩形の磁石装着孔22を設け、磁石装着孔22の各々に磁極面を鉄心径方向として互いに隣接する磁極が異なるように永久磁石23を装着し、永久磁石23の各々の外周側磁極面に形成される鉄心磁極部24の外周形状を、周方向中央部Paにて鉄心中心よりの距離が最も大きくなり、極間部Pbにて鉄心中心よりの距離が最も小さくなるような各鉄心磁極部毎の円弧状とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 回転子鉄心の円周方向に回転子の極数分等間隔に設けられ鉄心周方向を長辺とし鉄心径方向を短辺として軸方向に貫通する矩形の磁石装着孔を有し、前記磁石装着孔のそれぞれに磁極面を鉄心径方向として互いに隣接する磁極が異なるように永久磁石を装着され、前記永久磁石のそれぞれの外周側磁極面に形成される鉄心磁極部の外周形状が、周方向中央部にて鉄心中心よりの距離が最も大きくなり、極間部にて鉄心中心よりの距離が最も小さくなるような各鉄心磁極部毎の円弧状をなしていることを特徴とする永久磁石型電動機の永久磁石型回転子。

【請求項2】 鉄心中心と鉄心磁極部の周方向中央部との径方向距離をR_a、前記鉄心磁極部の外周円弧の半径をR_b、前記鉄心中心と極間部との径方向距離をR_pとした場合、R_a>R_bで、0.5mm<(R_a-R_p)<5mmの関係になるよう形成されていることを特徴とする請求項1に記載の永久磁石型電動機の永久磁石型回転子。

【請求項3】 鉄心中心と鉄心磁極部の周方向中央部との径方向距離をR_a、前記鉄心磁極部の外周円弧の半径をR_bとし、回転子の極数を8極とした場合、{(0.8·R_a)/2}<R_b<{(1.8·R_a)/2}の関係になるよう形成されていることを特徴とする請求項1に記載の永久磁石型電動機の永久磁石型回転子。

【請求項4】 互いに隣接する前記永久磁石間の最小寸法をL_a、前記永久磁石の外周側磁極面と前記鉄心磁極部の外周面との最小寸法をL_bとした場合、0.3mm<L_a<3.0mmで、0.3mm<L_b<5.0mmの関係になるよう形成されていることを特徴とする請求項1～3のいずれか一つに記載の永久磁石型電動機の永久磁石型回転子。

【請求項5】 隣接する前記鉄心磁極部外周の極間が小半径の円弧で連結されていることを特徴とする請求項1～4のいずれか一つに記載の永久磁石型電動機の永久磁石型回転子。

【請求項6】 隣接する前記鉄心磁極部外周の極間が半径R_cによる円弧で連結された形状とされ、前記磁石装着孔の外周側両端角部が半径R_dによるアール形状とされ、前記磁石装着孔の径方向寸法をL_cとした場合、R_c<(R_b/2)で、R_d<L_cの関係になるよう形成されていることを特徴とする請求項5に記載の永久磁石型電動機の永久磁石型回転子。

【請求項7】 前記磁石装着孔の外周側両端角部が半径R_dによるアール形状とされ、前記磁石装着孔の径方向寸法をL_cとした場合、R_d<L_cの関係になるよう形成されていることを特徴とする請求項1～6のいずれか一つに記載の永久磁石型電動機の永久磁石型回転子。

【請求項8】 互いに隣接する前記磁石装着孔の間に磁

ことを特徴とする請求項1～7のいずれか一つに記載の永久磁石型電動機の永久磁石型回転子。

【請求項9】 前記磁束短絡防止用の開口と前記磁石装着孔との間の最小寸法をL_d、前記磁束短絡防止用の開口と前記鉄心極間部の外周面との間の最小寸法をL_eとした場合、L_dとL_eがほぼ等しく、0.3mm<(L_dおよびL_e)<3mmの関係になるよう前記磁束短絡防止用の開口が形成されていることを特徴とする請求項8に記載の永久磁石型電動機の永久磁石型回転子。

10 【請求項10】 前記回転子鉄心は同一形状の鋼板の積層体により構成され、前記鉄心磁極部外周の極間部がレーザ溶接等により軸方向に溶接されていることにより一体化されていることを特徴とする請求項1～9のいずれか一つに記載の永久磁石型電動機の永久磁石型回転子。

【請求項11】 前記永久磁石の配置部より内側領域の回転子鉄心に軸方向に貫通する貫通孔が形成され、前記貫通孔を下錐孔として減量法により回転子の回転バランス取りを行うことを特徴とする請求項1～10のいずれか一つに記載の永久磁石型電動機の永久磁石型回転子。

20 【請求項12】 前記永久磁石の配置部より内側領域の回転子鉄心に軸方向に貫通する貫通孔が形成され、前記貫通孔に充填材を充填する增量法により回転子の回転バランス取りを行うことを特徴とする請求項1～10のいずれか一つに記載の永久磁石型電動機の永久磁石型回転子。

【請求項13】 前記磁石装着孔の周方向長さが前記永久磁石の周方向長さより大きく、前記永久磁石を前記磁石装着孔の周方向のほぼ中央に固定する手段を有していることを特徴とする請求項1～12のいずれか一つに記載の永久磁石型電動機の永久磁石型回転子。

30 【請求項14】 前記磁石装着孔に前記永久磁石が嵌め込まれた後に、前記磁石装着孔の空隙にエポキシ系接着剤等が注入され、前記永久磁石の固着が行われていることを特徴とする請求項13に記載の永久磁石型電動機の永久磁石型回転子。

【請求項15】 前記磁石装着孔に沿って少なくとも1ヶ所に拡張形成された四部分を有し、前記磁石装着孔に前記永久磁石が嵌め込まれた後に、前記四部分にエポキシ系接着剤等が注入され、前記永久磁石の固着が行われていることを特徴とする請求項1～12のいずれか一つに記載の永久磁石型電動機の永久磁石型回転子。

【請求項16】 前記永久磁石が前記磁石装着孔に装着された状態で着磁されることを特徴とする請求項1～15のいずれか一つに記載の永久磁石型電動機の永久磁石型回転子。

【請求項17】 前記永久磁石がネオジウム系希土類磁石であることを特徴とする請求項1～16のいずれか一つに記載の永久磁石型電動機の永久磁石型回転子。

【請求項18】 請求項1～17のいずれか一つに記載

当該ユニットが軸方向に所定個数を連結され、一体化されていることを特徴とする永久磁石型電動機の永久磁石型回転子。

【請求項19】前記ユニットが径方向に所定の角度ずらして軸方向に所定個数を連結され、一体化されていることを特徴とする請求項18に記載の永久磁石型電動機の永久磁石型回転子。

【請求項20】内周面に複数個のスロット開口部を備え、集中巻線を施された固定子鉄心の内側に回転可能に配設されることを特徴とする請求項1~19のいずれか一つに記載の永久磁石型電動機の永久磁石型回転子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、ブラシレスDCモータ等の永久磁石型電動機で使用される回転子に関し、特に、回転子鉄心の内部に磁極用の複数個の永久磁石を備えた永久磁石型回転子に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、この種の永久磁石型回転子としては、たとえば、特開平6-323292号公報に開示されたもの(図25(a)参照)や、特開平9-224338号公報(図25(b)参照)に開示されたものがある。

【0003】図25(a)、(b)に示されている永久磁石型回転子は、いずれも4極の回転子の例であり、回転子鉄心100と、回転子鉄心100の円周方向に極数分等間隔に設けられた4個の矩形の磁石装着孔101のそれぞれに嵌め込み装着された永久磁石102により構成されている。

【0004】図25(a)に示されている永久磁石型回転子では、回転子鉄心100の円周方向に互い隣接する永久磁石102間に回転子鉄心100の外周縁(ブリッジ部103)を残して短絡防止用開口104が設けられており、回転子鉄心100は円形をなしている。この永久磁石型回転子は、各永久磁石102と回転子鉄心100の外周との間に領域に鉄心磁極部105を形成する。

【0005】この永久磁石型回転子では、回転子鉄心100が円形であることから、固定子と固定子の内側に回転可能に配置される回転子との間の空隙寸法は、回転子全周に亘ってほぼ均一となる。

【0006】図25(b)に示されている永久磁石型回転子では、回転子鉄心100は上述のブリッジ部103を省略された突極形状となっている。この永久磁石型回転子では、ブリッジ部103がない部分において固定子と回転子との間の空隙寸法が急激に変化する。

【0007】図26は、永久磁石型回転子の他の従来例を示している。この永久磁石型回転子では、断面形状が円弧状の永久磁石201が使用され、回転子鉄心200の円周方向に極数分の永久磁石201がそれぞれの凸部

ている。

【0008】この永久磁石形回転子では、回転子鉄心200の外周面202を、これと対向する固定子鉄心203の内周面204との間の空隙205の寸法が各磁極ごとに磁極の周方向中央部に対応する部位から磁極間に対応する部位に向かうに従って大きくなるように構成されている。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】図25(a)、(b)に示されているような従来の永久磁石型回転子では、鉄心磁極部105の形状からして、鉄心磁極部105ごとの空隙の磁束密度分布が台形状、半楕円形状あるいはそれらに近い形状になるため、回転動作時のコギングトルクが大きい。このため、回転動作時の振動や騒音が大きくなり、これらを回避するためには、固定子鉄心をスキューする等の対策をしなければならないと云う問題がある。

【0010】図26に示されているような従来の永久磁石型回転子では、円弧状の永久磁石201の磁束が各円弧の内径側に半楕円形状あるいはそれに近い形状になるため、空隙の寸法を変えるようにしても回転動作時のコギングトルクを充分低下させることができず、また、円弧状の永久磁石201の使用はコスト高を招くことになる。

【0011】この発明は、上述のような問題点を解消するためになされたものであり、コスト高を招くことなく、コギングトルクが小さく、振動や騒音、ひいては回転むらを小さくできる永久磁石型電動機の永久磁石型回転子を得ることを目的としている。

【0012】

【課題を解決するための手段】上述の目的を達成するために、この発明による永久磁石型電動機の永久磁石型回転子は、回転子鉄心の円周方向に回転子の極数分等間隔に設けられ鉄心周方向を長辺とし鉄心径方向を短辺として軸方向に貫通する矩形の磁石装着孔を有し、前記磁石装着孔のそれぞれに磁極面を鉄心径方向として互いに隣接する磁極が異なるように永久磁石を装着され、前記永久磁石のそれぞれの外周側磁極面に形成される鉄心磁極部の外周形状が周方向中央部にて鉄心中心よりの距離が最も大きくなり、極間部にて鉄心中心よりの距離が最も小さくなるような各鉄心磁極部毎の円弧状をなしているものである。

【0013】つぎの発明による永久磁石型電動機の永久磁石型回転子は、鉄心中心と鉄心磁極部の周方向中央部との径方向距離をR_a、前記鉄心磁極部の外周円弧の半径をR_b、前記鉄心中心と極間部との径方向距離をR_pとした場合、R_a>R_bで、0.5mm<(R_a-R_p)<5mmの関係になるよう形成されているものである。

磁石型回転子は、前記鉄心中心と鉄心磁極部の周方向中央部との径方向距離をR_a、前記鉄心磁極部の外周円弧の半径をR_bとし、回転子の極数を8極とした場合、

$\{(0.8 \cdot R_a)/2\} < R_b < \{(1.8 \cdot R_a)/2\}$ の関係になるように形成されているものである。

【0015】つぎの発明による永久磁石型電動機の永久磁石型回転子は、さらに、互いに隣接する前記永久磁石間の最小寸法をL_a、前記永久磁石の外周側磁極面と前記鉄心磁極部の外周面との最小寸法をL_bとした場合、 $0.3 \text{ mm} < L_a < 3.0 \text{ mm}$ で、 $0.3 \text{ mm} < L_b < 5.0 \text{ mm}$ の関係になるように形成されているものである。

【0016】つぎの発明による永久磁石型電動機の永久磁石型回転子は、さらに、隣接する前記鉄心磁極部外周の極間が小半径の円弧で連結されているものである。

【0017】つぎの発明による永久磁石型電動機の永久磁石型回転子は、さらに、隣接する前記鉄心磁極部外周の極間が半径R_cによる円弧で連結された形状とされ、前記磁石装着孔の外周側両端角部が半径R_dによるアール形状とされ、前記磁石装着孔の径方向寸法をL_cとした場合、 $R_c < (R_b/2)$ で、 $R_d < L_c$ の関係になるように形成されているものである。

【0018】つぎの発明による永久磁石型電動機の永久磁石型回転子は、さらに、前記磁石装着孔の外周側両端角部が半径R_dによるアール形状とされ、前記磁石装着孔の径方向寸法をL_cとした場合、 $R_d < L_c$ の関係になるように形成されているものである。

【0019】つぎの発明による永久磁石型電動機の永久磁石型回転子は、さらに、互いに隣接する前記磁石装着孔の間に磁束短絡防止用の開口が軸方向に貫通して形成されているものである。

【0020】つぎの発明による永久磁石型電動機の永久磁石型回転子は、さらに、前記磁束短絡防止用の開口と前記磁石装着孔との間の最小寸法をL_d、前記磁束短絡防止用の開口と前記鉄心極間部の外周面との間の最小寸法をL_eとした場合、L_dとL_eがほぼ等しく、 $0.3 \text{ mm} < (L_d \text{ および } L_e) < 3 \text{ mm}$ の関係になるように前記磁束短絡防止用の開口が形成されているものである。

【0021】つぎの発明による永久磁石型電動機の永久磁石型回転子は、回転子鉄心は同一形状の鋼板の積層体により構成され、前記鉄心磁極部外周の極間部がレーザ溶接等により軸方向に溶接されることにより一体化されているものである。

【0022】つぎの発明による永久磁石型電動機の永久磁石型回転子は、さらに、前記永久磁石の配置部より内側領域の回転子鉄心に軸方向に貫通する貫通孔が形成され、前記貫通孔を下錐孔として減量法により回転子の回転バランス取りを行うものである。

磁石型回転子は、さらに、前記永久磁石の配置部より内側領域の回転子鉄心に軸方向に貫通する貫通孔が形成され、前記貫通孔を充填材を充填する增量法により回転子の回転バランス取りを行うものである。

【0024】つぎの発明による永久磁石型電動機の永久磁石型回転子は、さらに、前記磁石装着孔の周方向長さが前記永久磁石の周方向長さより大きく、前記永久磁石を前記磁石装着孔の周方向のほぼ中央に固定する手段を有しているものである。

10 【0025】つぎの発明による永久磁石型電動機の永久磁石型回転子は、前記磁石装着孔に前記永久磁石が嵌め込まれた後に、前記磁石装着孔の空隙にエポキシ系接着剤等が注入され、前記永久磁石の固着が行われているものである。

【0026】つぎの発明による永久磁石型電動機の永久磁石型回転子は、前記磁石装着孔に沿って少なくとも1ヶ所に拡張形成された凹部分を有し、前記磁石装着孔に前記永久磁石が嵌め込まれた後に、前記凹部分にエポキシ系接着剤等が注入され、前記永久磁石の固着が行われているものである。

20 【0027】つぎの発明による永久磁石型電動機の永久磁石型回転子は、さらに、前記永久磁石が前記磁石装着孔に装着された状態で着磁されるものである。

【0028】つぎの発明による永久磁石型電動機の永久磁石型回転子は、さらに、前記永久磁石がネオジウム系希土類磁石であるものである。

【0029】つぎの発明による永久磁石型電動機の永久磁石型回転子は、上述の発明による永久磁石型回転子をユニットとして複数個用いられ、当該ユニットが軸方向に所定個数を連結され、一体化されているものである。

30 【0030】つぎの発明による永久磁石型電動機の永久磁石型回転子は、さらに、前記ユニットが径方向に所定の角度ずらして軸方向に所定個数を連結され、一体化されているものである。

【0031】つぎの発明による永久磁石型回転子は、さらに、内周面に複数個のスロット開口部を備え、集中巻線を施された固定子鉄心の内側に回転可能に配設されるものである。

【0032】

40 【発明の実施の形態】以下に添付の図を参照して、この発明にかかる永久磁石型回転子の実施の形態を詳細に説明する。

【0033】実施の形態1. 図1～図3は、この発明による永久磁石型回転子および永久磁石型電動機の実施の形態1を示している。永久磁石型電動機は、固定子10と、永久磁石型回転子20と、永久磁石型回転子20を支持するロータ軸40と、軸受部材41と、外側構造体42とで構成されている。

【0034】固定子10は、珪素鋼板を所定の形状、た

ロット開口部11を備えた形状に打ち抜いて積層した固定子鉄心12に三相巻線13を施されており、リード線14により電源ユニットに接続されるように構成されている。固定子鉄心12のスロット開口部11の個数と極数は特性を考慮して適宜決定される。

【0035】永久磁石型回転子20は、所定の形状に打ち抜かれた珪素鋼板の積層体よりなる回転子鉄心21と、回転子鉄心21に極数分、形成された磁石装着孔22に嵌め込み装着された極数分の永久磁石23とで構成される。

【0036】図3は、8極の場合の永久磁石型回転子20を示している。回転子鉄心21は8つの鉄心磁極部24を有しており、回転子鉄心21の円周方向に、回転子の極数8つ分、等間隔に設けた周方向を長辺とし径方向を短辺とする軸方向に貫通する矩形の磁石装着孔22を8個形成され、この磁石装着孔22のそれぞれに磁極面を径方向とし互いに隣接する極が異なるように永久磁石23を装着されている。

【0037】永久磁石23は鉄心磁極部24に設けられた磁石装着孔22に装着された状態で着磁される。このため、着磁時のパーミアンスが増加し、着磁が容易となり、また、有効磁束数を増加させることができる。さらに、永久磁石23を未着磁のまま磁石装着孔22に装着できるので、磁気吸引力の影響を受けずに装着でき、生産性の向上に寄与することができる。

【0038】永久磁石23は、ネオジウム系希土類磁石にて構成されており、磁石装着孔22にきっちり装着される大きさとなっている。ネオジウム系希土類磁石は、残留磁束および保持力が共に大きく、磁気エネルギー積がきわめて大きい。このため、磁石面積を小さくしても必要なギャップ磁束数を確保でき、所要の出力を得ることが可能となる。

【0039】永久磁石23の外周側磁極面に形成される鉄心磁極部24の外周形状は、鉄心磁極部24の周方向中央部(点)Paにて回転子鉄心21の中心Caよりの径方向距離が最も大きくなり、鉄心磁極部24の外周極間部(点)Pbにて鉄心中心Caよりの径方向距離が最も小さくなるような各鉄心磁極部24毎の円弧状をなしている。換言すれば、回転子鉄心21は極数と同じ弁数の菊の紋章形をしている。

【0040】鉄心中心Caと鉄心磁極部24の周方向中央部Paとの径方向距離をRa、鉄心磁極部24の外周円弧の中心をCb、鉄心磁極部24の外周円弧の半径をRbとし、回転子の極数を8極とした場合、これらの値は、特性的、構造的に許容できる範囲で適宜に決定されてよいが、図4に示されているグラフから判るように、鉄心中心Caと鉄心磁極部24の周方向中央部Paと鉄心磁極部24の外周円弧の中心Cbとが各鉄心磁極部24毎に同一線上にあり、 $\{(0.8 \cdot Ra)/2\} < Rb$

されることが好ましい。

【0041】上述のような構成によれば、固定子10と永久磁石型回転子20との間の空隙距離が、永久磁石型回転子20の各鉄心磁極部24毎に、鉄心磁極部24の周方向中央部Paから極間部Pbに向かうに従って徐々に大きくなり、これに対応する部位の磁気抵抗もそれに比例して大きくなる。

【0042】このため、鉄心磁極部24毎の空隙の磁束密度分布は、極間部Pbに対応する部位において小さく、周方向中央部Paに対応する部位において集中し、ガウス分布や正弦波に近い分布となる。これによりコギングトルクが抑制され、回転動作時の振動や騒音が従来のものに比して低減される。

【0043】図5(a)は、この実施の形態のもので発生するコギングトルクの波形を、図5(b)は、従来のもので発生する代表的なコギングトルクの波形を示している。この図5(a)、(b)より明らかなように、この実施の形態のものにおいては従来ものに比べてコギングトルクを大幅に低減できることがわかる。

【0044】なお、鉄心磁極部24の外周円弧Rbの値が小さすぎると、誘起電圧が低下し充分なモータ出力が得られない場合があり、これに対し、鉄心磁極部24の外周円弧Rbの値が大きすぎると、コギングトルク低減効果が得られず、振動や騒音が発生する。

【0045】また、互いに隣接する永久磁石23間の最小寸法をLa、永久磁石23の外周側磁極面と鉄心磁極部24の外周面との最小寸法をLbとした場合、これらの値は、特に限定されないが、 $0.3\text{mm} < La < 3.0\text{mm}$ で、 $0.3\text{mm} < Lb < 5.0\text{mm}$ の関係に

なるよう形成されていることが好ましい。

【0046】La、Lbの値が小さすぎると、回転子20の回転強度が不足し、La、Lbの値が大きすぎると、永久磁石23の漏れ磁束を抑制する効果が減少し、この結果、誘起電圧が低下し、充分なモータ出力が得られなくなる。

【0047】なお、上述の実施の形態では、図2に示されているように、内周面に12個のスロット開口部11を備え、集中巻線を施された固定子鉄心12の内側に配設される8極の磁極を有した永久磁石式回転子20にこの発明を適用したが、この発明による永久磁石式回転子それに限らず、分布巻線を有する永久磁石式回転子にも有効である。

【0048】実施の形態2、図6は、この発明による永久磁石型回転子の実施の形態2を示している。なお、図6において、図3に対応する部分は、図3に付した符号と同一の符号を付けて、その説明を省略する。

【0049】実施の形態2では、上述の実施の形態1の構成に加えて、隣接する鉄心磁極部外周の極間部分25が半径Rcによる小半径の円弧で連結されている。ま

よるアール形状とされている。極間部分25の接続円弧の半径Rcの値は、特に限定されず、回転子22の外形寸法、鉄心磁極部24の外周面円弧径Rb等により適宜決定されるが、半径Rcの値が大きすぎると、コギングトルク低減効果が減少するため、 $Rc < (Rb/2)$ の値に設定されることが好ましい。

【0050】また、磁石装着孔22の外周側両端角部26のアール半径Rdは、回転強度を確保しながら永久磁石23の漏れ磁束を抑制するために、磁石装着孔22の径方向の長さをLcとした場合、 $Rd < Lc$ の関係になるように形成されていることが好ましい。

【0051】実施の形態3、図7、図8は、この発明による永久磁石型回転子の実施の形態3を示している。なお、図7、図8において、図2、図3に対応する部分は、図2、図3に付した符号と同一の符号を付けて、その説明を省略する。

【0052】この実施の形態は、4極の場合の永久磁石型回転子20を示している。回転子鉄心21は4つの鉄心磁極部24を有しており、回転子鉄心21の円周方向に、回転子の極数4つ分等間隔に設けた周方向を長辺とし径方向を短辺とする軸方向に貫通する矩形の磁石装着孔22を4個形成され、この磁石装着孔22のそれぞれに磁極面を径方向とし互いに隣接する極が異なるように永久磁石23を装着されている。

【0053】この実施の形態でも、永久磁石23は、鉄心磁極部24に設けられた磁石装着孔22に装着された状態で着磁される。このため、着磁時のパーミアンスが増加し、着磁が容易となり、また、有効磁束数を増加させることができる。さらに、永久磁石23を未着磁のまま磁石装着孔22に装着できるので、磁気吸引力の影響を受けずに装着でき、生産性の向上に寄与することができる。

【0054】永久磁石23の外周側磁極面に形成される鉄心磁極部24の外周形状は、鉄心磁極部24の周方向中央部(点)Paにて回転子鉄心21の中心Caよりの径方向距離が最も大きくなり、鉄心磁極部24の外周極間部(点)Pbにて鉄心中心Caよりの径方向距離が最も小さくなるような各鉄心磁極部24毎の円弧状をなしている。換言すれば、回転子鉄心21は極数と同じ弁数の花形をしている。

【0055】この場合も、鉄心中心Caと鉄心磁極部24の周方向中央部Paとの径方向距離をRa、鉄心磁極部24の外周円弧の中心をCb、鉄心磁極部24の外周円弧の半径をRb、鉄心中心Caと極間部Pbとの径方向距離をRpとした場合、これらの値は、特性的・構造的に許容できる範囲で適宜決定されてよいが、図9に示されているように、 $(Ra-Rp)$ の値が大きすぎると、誘起電圧が低下し、充分なモータ出力が得られなくなり、これとは反対に $(Ra-Rp)$ の値が小さすぎると

発生するから、鉄心中心Caと鉄心磁極部24の周方向中央部Paと鉄心磁極部24の外周円弧の中心Cbとは各鉄心磁極部24毎に同一線上にあり、 $Ra > Rb$ で且つ $0.5\text{mm} < (Ra-Rp) < 5\text{mm}$ の関係になるよう形成されることが好ましい。

【0056】上述のような構成では、固定子10と永久磁石型回転子20との間の空隙距離が、永久磁石型回転子20の各鉄心磁極部24毎に、鉄心磁極部24の周方向中央部Paから極間部Pbに向かうに従って徐々に大きくなり、これに対応する部位の磁気抵抗もそれに比例して大きくなる。

【0057】このため、鉄心磁極部24毎の空隙の磁束密度分布は、極間部Pbに対応する部位においては小さく、周方向中央部Paに対応する部位において集中し、ガウス分布や正弦波に近い分布となる。これによりコギングトルクが抑制され、回転動作時の振動や騒音が従来のものに比して低減する。

【0058】また、この実施の形態でも、互いに隣接する永久磁石23(磁石装着孔22)の間の最小寸法をLa、磁石装着孔22と鉄心磁極部24の外周面との最小寸法をLbとした場合、これらの値は特に限定されないが、 $0.3\text{mm} < La < 3.0\text{mm}$ で、 $0.3\text{mm} < Lb < 5.0\text{mm}$ の関係になるよう形成されていることが好ましく、La、Lbの値が小さすぎると、回転子20の回転強度が不足し、これとは反対に、La、Lbの値が大きすぎると、永久磁石23の漏れ磁束を抑制する効果が減少し、この結果、誘起電圧が低下し、充分なモータ出力が得られなくなる。

【0059】回転子鉄心21は同一形状の珪素鋼板の積層体により構成されており、鉄心磁極部24の外周極間部Pbをレーザ溶接等により軸方向に溶接され、一体化(ブロック化)されている。永久磁石型回転子20の回転子鉄心21は、通常、所定の形状に打ち抜かれた珪素鋼板をかしめ等により固着して形成されるが、さらに、鉄心磁極部24の外周極間部Pbがレーザ溶接等により軸方向に溶接され、積層された珪素鋼板が相互に固着されることにより、高速回転に対しても充分な回転強度を確保することができる。

【0060】なお、かしめとレーザ溶接を併用せず、レーザ溶接単独にても安価で容易に、高速回転に対しても充分な回転強度を有する回転子鉄心21を形成することができる。また、4極ロータの場合には、4個所の外周極間部Pbの全て溶接を行うか、2個所にするか等は、所定の特性に合わせて選択することができる。

【0061】実施の形態4、図10は、この発明による永久磁石型回転子の実施の形態4を示している。実施の形態4では、上述の実施の形態3の構成に加えて、互いに隣接する磁石装着孔22の間に、磁束短絡防止用の開口50が軸方向に貫通して形成されている。

11

2との間の最小寸法を L_d 、磁束短絡防止用の開口50と鉄心極間部24の外周面との間の最小寸法を L_e とした場合、これらの値は特に限定されないが、 L_d と L_e がほぼ等しく、 $0.3\text{mm} < (L_d \text{ および } L_e) < 3\text{mm}$ の関係になるように形成されていることが好ましい。

【0063】磁束短絡防止用の開口50により、永久磁石23の漏れ磁束を効果的に抑制することができるが、 L_d 、 L_e の値が小さすぎると、回転子20の回転強度が不足し、これとは反対に、 L_d 、 L_e の値が大きすぎると、永久磁石23の漏れ磁束を抑制する効果が減少し、この結果、誘起電圧が低下し、充分なモータ出力が得られなくなる。

【0064】なお、磁束短絡防止用の開口50の形成は、実施の形態1、2に示されているような8極用のロータにも同様に適用できる。

【0065】実施の形態5、図11は、この発明による永久磁石型回転子の実施の形態5を示している。実施の形態5では、上述の実施の形態4の構成に加えて、磁石装着孔22の外周側両端角部26が半径 R_d によるアル形状とされている。

【0066】磁石装着孔22の外周側両端角部26のアル半径 R_d は、回転強度を確保しながら永久磁石23の漏れ磁束を抑制するために、磁石装着孔22の径方向の長さを L_c とした場合、 $R_d < L_c$ の関係になるように形成されていることが好ましい。

【0067】実施の形態6、図12、図13は、この発明による永久磁石型回転子の実施の形態6を示している。この実施の形態では、上述の実施の形態1あるいは2の構成に加えて、永久磁石23の配置部より内側領域の回転子鉄心21に、軸方向に貫通する小径の貫通孔27が各永久磁石23毎に形成されている。

【0068】貫通孔27を下錐孔として用い、端部に錐孔加工28を施すことにより、減量法によって永久磁石型回転子20の回転バランス取りを行うことができる。錐孔は永久磁石23の特性に与える影響を最小限とする位置と径を選択され、回転バランス取りは、永久磁石型回転子20の軸方向両端面にて夫々複数個の貫通孔27を用いて行うことができる。貫通孔27は、回転子鉄心21を所定の形状に打ち抜く時に同時に打ち抜くことができ、安価で容易に形成することができる。上述のような貫通孔27に錐孔加工28を施すことによる永久磁石型回転子20の回転バランス取りは、図14に示されているように、4極ロータにも同様に適用できる。

【0069】実施の形態7、図15、図16は、この発明による永久磁石型回転子の実施の形態7を示している。この実施の形態では、上述の実施の形態1あるいは2の構成に加えて、永久磁石23の配置部より内側領域の回転子鉄心21に、比較的大径、たとえば直径5～20mm程度の貫通孔29が各永久磁石23毎に形成され

12

【0070】貫通孔29に粘着性パテ等の充填材30を充填することにより、增量法によって永久磁石型回転子20の回転バランス取りを行うを行うことができる。貫通孔29には永久磁石23の特性に与える影響を最小限とする位置と径を選択され、回転バランス取りは、永久磁石型回転子20の軸方向両端面にて夫々複数個の貫通孔29を用いて行うことができる。

【0071】なお、貫通孔29も、回転子鉄心21を所定の形状に打ち抜く時に同時に打ち抜くことができ、安価で容易に形成することができる。

【0072】貫通孔29に粘着性パテ等の充填材30を充填することによる永久磁石型回転子20の回転バランス取りは、図17に示されているように、4極ロータにも同様に適用できる。

【0073】実施の形態8、図18は、この発明による永久磁石型回転子の実施の形態8を示している。この実施の形態では、上述のような実施の形態の構成に加えて、磁石装着孔22の周方向長さが永久磁石23の周方向長さより大きく、永久磁石23を磁石装着孔22の周方向のほぼ中央に固定する手段として突起部31を有している。永久磁石23は磁石装着孔22内において両側を突起部31に挟まれて固定される。これにより、永久磁石23の漏れ磁束が抑制され、しかも永久磁石23の固定、装着が容易に行われ得るようになる。

【0074】永久磁石23の回転子鉄心21に対する固着は、磁石装着孔22に永久磁石23が嵌め込まれた後に、磁石装着孔22の両側にできる空隙51にエポキシ系接着剤等を注入することにより、接着剤で確実に行うことができる。これにより、安価で、容易に永久磁石23を回転子鉄心21に固着することができる。

【0075】実施の形態9、図19は、この発明による永久磁石型回転子の実施の形態9を示している。この実施の形態では、上述のような実施の形態の構成に加えて、磁石装着孔22の周方向長さが永久磁石23の周方向長さより大きく、永久磁石23を磁石装着孔22の周方向のほぼ中央に固定する手段として段差部32を有している。永久磁石23は磁石装着孔22内において両側を段差部32の段差壁に挟まれて固定される。これにより、この実施の形態でも、永久磁石23の漏れ磁束が抑制され、しかも永久磁石23の固定、装着が容易に行われ得るようになる。これにより、安価で、容易に永久磁石23を回転子鉄心21に固着することができる。

【0076】この場合も、永久磁石23の回転子鉄心21に対する固着は、磁石装着孔22に永久磁石23が嵌め込まれた後に、磁石装着孔22の両側にできる空隙51にエポキシ系接着剤等を注入することにより、接着剤で確実に行うことができる。

【0077】上述のような永久磁石23の固定、固着は、図20、図21に示されているように、4極ロータ

【0078】実施の形態10. 図22は、この発明による永久磁石型回転子の実施の形態10を示している。この実施の形態では、磁石装着孔22に沿って少なくとも1ヶ所に拡張形成された凹部分52が形成されており、磁石装着孔22に永久磁石23が嵌め込まれた後に、凹部分52にエポキシ系接着剤等が注入されることにより、永久磁石23の回転子鉄心21に対する固着が行われている。従って、この場合も、安価で、容易に永久磁石23を回転子鉄心21に固着することができる。

【0079】実施の形態11. 図23は、この発明による永久磁石型回転子の実施の形態11を示している。この実施の形態では、上述のような構成による永久磁石型回転子20がユニットとして複数個（所定個数）、ロータ軸（図中省略）の軸方向に積層連結され、全体を一体化されて全体として一つの永久磁石型回転子として形成されている（永久磁石23は図示省略）。上述のように、ユニット化を行なうことにより、大容量機の永久磁石型回転子を小形・標準化されたユニットの組み合せで製作することができ、生産性向上とコストダウンに寄与することができる。

【0080】実施の形態12. 図24は、この発明による永久磁石型回転子の実施の形態12を示している。この実施の形態10では、上述のような構成による永久磁石型回転子20のユニットとして複数個（所定個数）、ロータ軸（図中省略）の径方向に所定の角度でずらしながら軸方向に積層連結され、全体を一体化されて全体として一つの永久磁石型回転子として形成されている（永久磁石23は図示省略）。

【0081】各ユニットを所定の角度でずらしながらロータ軸に取り付けることにより、スキー効果により、コギングトルクを更に低減させることができ、振動・騒音ひいては回転ムラを小さくすることができる。

【0082】なお、上述の実施の形態11、12では、永久磁石型回転子20のユニットを3個用いているが、この発明による永久磁石型回転子は、それに限らず、所定の特性を得るために最適なユニットの個数に対しても有効である。また、上述の実施の形態では、回転子の極数が8極あるいは4極の場合について説明したが、この発明による永久磁石型回転子はこれ以外の極数を有する回転子に対しても有効である。

【0083】

【発明の効果】以上の説明から理解される如く、この発明による永久磁石型電動機の永久磁石型回転子によれば、鉄心磁極部の形状効果により、各磁極毎の空隙の磁束密度分布がガウス分布や正弦波に近い分布となり、この結果、コギングトルクを低減させることができ、ひいては、振動や騒音、回転むらを小さくすることができる。

【0084】

中央部との径方向距離と極間部との径方向距離の適正設定により、各磁極毎の空隙の磁束密度分布がガウス分布や正弦波に近い分布となり、この結果、コギングトルクを低減させることができ、ひいては、振動や騒音、回転むらを小さくすることができる。

【0085】つぎの発明による永久磁石型電動機の永久磁石型回転子によれば、鉄心中心と鉄心磁極部の周方向中央部との径方向距離と、鉄心磁極部の外周円弧の半径の適正設定により、各磁極毎の空隙の磁束密度分布がガウス分布や正弦波に近い分布となり、この結果、コギングトルクを低減させることができ、ひいては、振動や騒音、回転むらを小さくすることができる。

【0086】つぎの発明による永久磁石型電動機の永久磁石型回転子によれば、互いに隣接する永久磁石間の最小寸法と、永久磁石の外周側磁極面と鉄心磁極部の外周面との最小寸法の適正設定により、回転強度を確保しつつ漏れ磁束を抑制でき、モータの出力を向上することができる。

【0087】つぎの発明による永久磁石型電動機の永久磁石型回転子によれば、隣接する鉄心磁極部外周の極間部分が小半径の円弧で連結されているから、コギングトルクが、より一層、有効的に低減する。

【0088】つぎの発明による永久磁石型電動機の永久磁石型回転子によれば、隣接する鉄心磁極部外周の極間部分の円弧半径が適正設定され、しかも、磁石装着孔の外周側両端角部がアール形状とされ、このアール形状の半径も適正設定されているから、コギングトルクを、より一層、有効的に低減すると共に、回転子の回転強度を確保することができる。

【0089】つぎの発明による永久磁石型電動機の永久磁石型回転子によれば、磁石装着孔の外周側両端角部がアール形状とされ、このアール形状の半径も適正設定されているから、漏れ磁束を、より一層、有効的に低減すると共に、回転子の回転強度を確保することができる。

【0090】つぎの発明による永久磁石型電動機の永久磁石型回転子によれば、互いに隣接する永久磁石間に磁束短絡防止用の開口を設けることにより、回転強度を確保しつつ漏れ磁束を抑制することができる。

【0091】つぎの発明による永久磁石型電動機の永久磁石型回転子によれば、永久磁石と磁束短絡防止用開口間の最小寸法と、磁束短絡防止用開口と鉄心磁極部の外周面との最小寸法の適正設定により、回転強度を確保しつつ漏れ磁束を抑制でき、モータの出力を向上することができる。

【0092】つぎの発明による永久磁石型電動機の永久磁石型回転子によれば、回転子鉄心の鉄心磁極部の外周の極間部をレーザ溶接等により軸方向に固定することにより、積層された珪素鋼板を更に強固に固定することができ、高速回転に対しても充分な回転強度を得ることができます。

【0093】つぎの発明による永久磁石型電動機の永久磁石型回転子によれば、永久磁石の配置部より内側領域の回転子鉄心に軸方向に貫通形成された貫通孔を下錐孔として減量法により回転子の回転バランス取りを行うことができ、貫通孔は回転子鉄心を所定の形状に打ち抜く時に同時に打ち抜くことができるから、減量法によりバランス取りを安価に行うことができる。

【0094】つぎの発明による永久磁石型電動機の永久磁石型回転子によれば、永久磁石の配置部より内側領域の回転子鉄心に軸方向に貫通形成された貫通孔に充填材を充填する増量法により回転子の回転バランス取りを行うことができ、貫通孔は回転子鉄心を所定の形状に打ち抜く時に同時に打ち抜くことができるから、増量法によりバランス取りを安価に行うことができる。

【0095】つぎの発明による永久磁石型電動機の永久磁石型回転子によれば、磁石装着孔の周方向長さが永久磁石の周方向長さより大きく、永久磁石は磁石装着孔の周方向のほぼ中央に固定されるから、永久磁石の漏れ磁束を抑制でき、しかも永久磁石の固定、装着を容易に行うことができる。

【0096】つぎの発明による永久磁石型電動機の永久磁石型回転子によれば、磁石装着孔の空隙に接着剤を注入することにより永久磁石が固着されているから、高速回転に対しても充分な強度を得ることができる。

【0097】つぎの発明による永久磁石型電動機の永久磁石型回転子によれば、磁石装着孔に永久磁石を嵌め込み後、磁石装着孔の内周面に形成された凹み部分にエポキシ系接着剤等を注入することにより、永久磁石が固着されているから、高速回転に対しても充分な強度を得ることができ。

【0098】つぎの発明による永久磁石型電動機の永久磁石型回転子によれば、永久磁石は磁石装着孔に装着された状態で着磁されるから、着磁時のパーミアンスが増加し、着磁が容易となり、また、有効磁束数を増加させることができ、しかも、永久磁石を未着磁のまま装着孔に装着できるので、磁気吸引力の影響を受けずに装着でき、生産性の向上に寄与することができる。

【0099】つぎの発明による永久磁石型電動機の永久磁石型回転子によれば、永久磁石がネオジウム系希土類磁石であるから、磁石面積を小さくしても必要なギャップ磁束数を確保でき、所要の出力を得ることが可能となる。

【0100】つぎの発明による永久磁石型電動機の永久磁石型回転子によれば、ユニット化された永久磁石型回転子を複数個用いて軸方向に積層し一体にするものであるから、生産性向上とコストダウンを行なうことができる。

【0101】つぎの発明による永久磁石型電動機の永久磁石型回転子によれば、ユニット化された永久磁石型回

軸方向に積層し一体化するものであるから、スキー効果によりコギングトルクを更に低減させることができ、振動や騒音、回転むらも小さくすることができる。

【0102】つぎの発明による永久磁石型回転子によれば、内周面に複数個のスロット開口部を備え、集中巻線を施された固定子鉄心の内側に回転可能に配設されるから、集中巻線を備えた固定子との組合せにより小型、軽量化を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

10 【図1】 この発明による永久磁石型回転子を組み込まれた永久磁石型電動機の実施の形態1を示す軸方向断面側面図である。

【図2】 この発明による永久磁石型回転子を組み込まれた永久磁石型電動機の実施の形態1を示す軸に対して垂直方向の断面図である。

【図3】 この発明による永久磁石型電動機の永久磁石型回転子の実施の形態1を示す正面図である。

【図4】 $\{(0.8 \cdot Ra)/2\} < Rb < \{(1.8 \cdot Ra)/2\}$ の関係の根拠を示すグラフである。

20 【図5】 (a)は実施の形態1にかかる永久磁石型電動機のコギングトルクを示すグラフ、(b)は従来の永久磁石型電動機にかかる代表的コギングトルクを示すグラフである。

【図6】 この発明による永久磁石型電動機の永久磁石型回転子の実施の形態2を示す正面図である。

【図7】 この発明による永久磁石型電動機の永久磁石型回転子の実施の形態3を示す軸に対して垂直方向の断面図である。

30 【図8】 この発明による永久磁石型電動機の永久磁石型回転子の実施の形態3を示す正面図である。

【図9】 実施の形態3にかかる永久磁石型電動機において永久磁石型回転子の鉄心磁極部の外周円弧の半径とコギングトルク・誘起電圧の関係を示すグラフである。

【図10】 この発明による永久磁石型電動機の永久磁石型回転子の実施の形態4を示す正面図である。

【図11】 この発明による永久磁石型電動機の永久磁石型回転子の実施の形態5を示す正面図である。

【図12】 この発明による永久磁石型回転子の実施の形態6を示す正面図である。

40 【図13】 この発明による永久磁石型回転子の実施の形態6を示す軸方向断面図である。

【図14】 この発明による永久磁石型回転子の実施の形態6の他の例を示す正面図である。

【図15】 この発明による永久磁石型回転子の実施の形態7を示す正面図である。

【図16】 この発明による永久磁石型回転子の実施の形態7を示す軸方向断面図である。

【図17】 この発明による永久磁石型回転子の実施の形態7の他の例を示す正面図である。

17

形態8を示す部分正面図である。

【図19】 この発明による永久磁石型回転子の実施の形態9を示す部分正面図である。

【図20】 この発明による永久磁石型回転子の実施の形態9の他の例を示す正面図である。

【図21】 この発明による永久磁石型回転子の実施の形態9の他の例を示す正面図である。

【図22】 この発明による永久磁石型回転子の実施の形態10を示す部分正面図である。

【図23】 この発明による永久磁石型回転子の実施の形態11を示す斜視図である。

【図24】 この発明による永久磁石型回転子の実施の形態12を示す斜視図である。

【図25】 (a)、(b)はそれぞれ従来例の永久磁

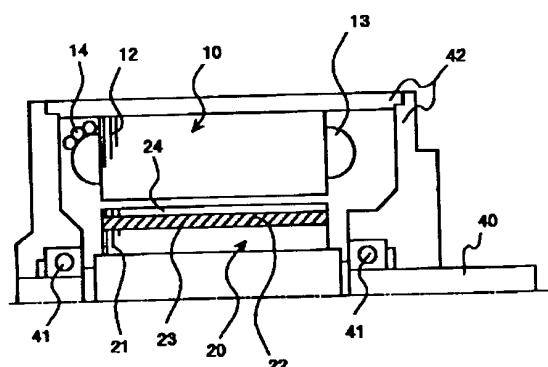
石型回転子の構造を示す正面図である。

【図26】 従来の永久磁石型回転子の別の構造例を示す正面図である。

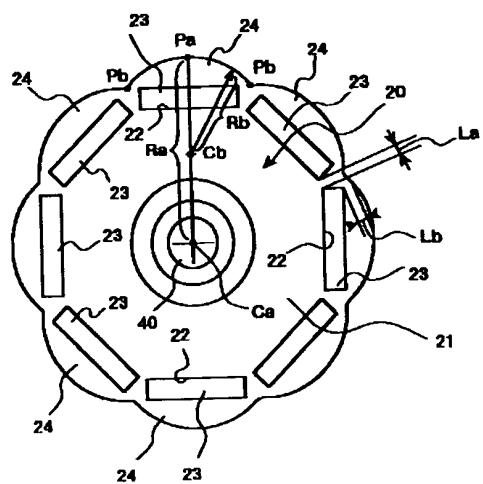
【符号の説明】

10 固定子、11 スロット開口部、12 固定子鉄心、13 三相巻線、14 リード線、20 永久磁石型回転子、21 回転子鉄心、22 磁石装着孔、23 永久磁石、24 鉄心磁極部、25 極間部分、26 外周側両端角部、27 貫通孔、28 錐孔加工、29 貫通孔、30 充填材、31 突起部、32 段差部、40 ロータ軸、41 軸受部材、42 外側構造体、50 磁束短絡防止用の開口、51 空隙、52 四部。

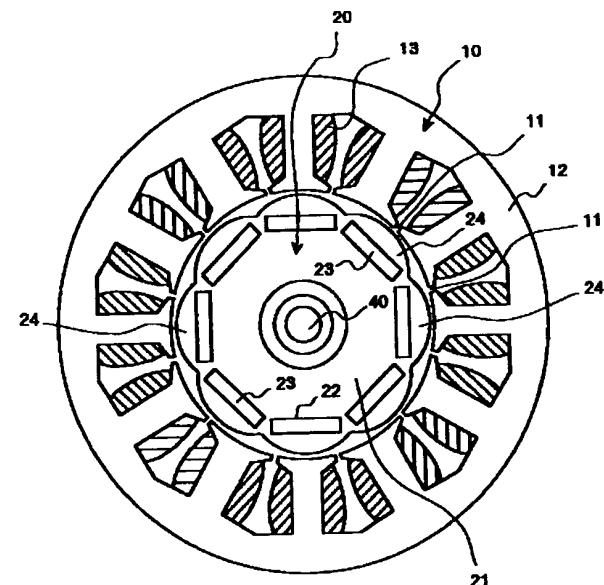
【図1】



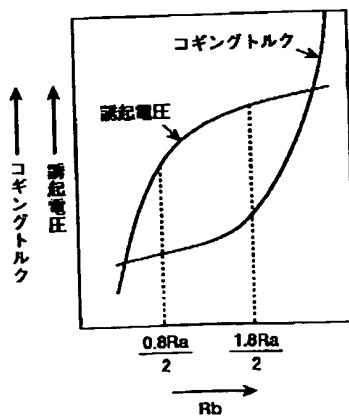
【図3】



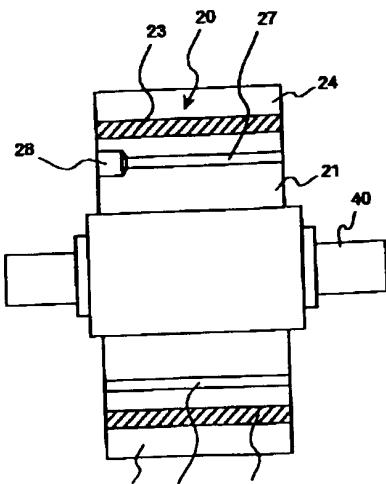
【図2】



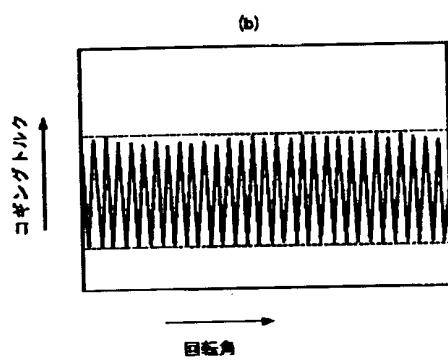
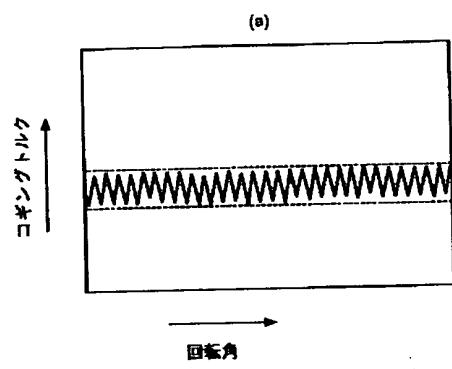
【図4】



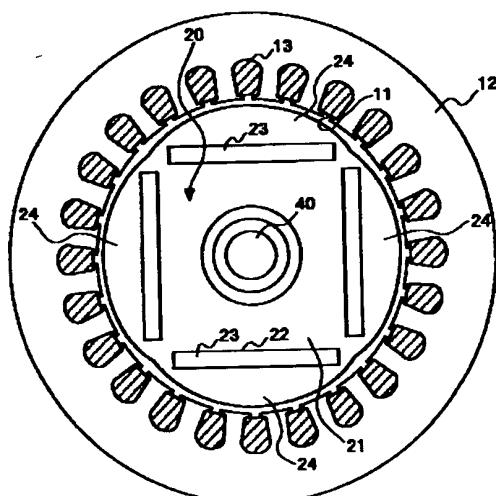
【図13】



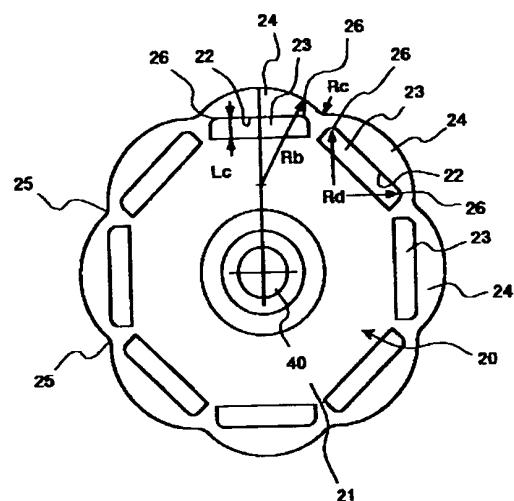
【図5】



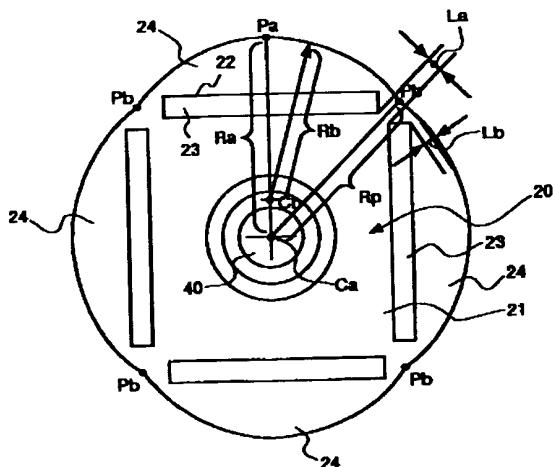
【図7】



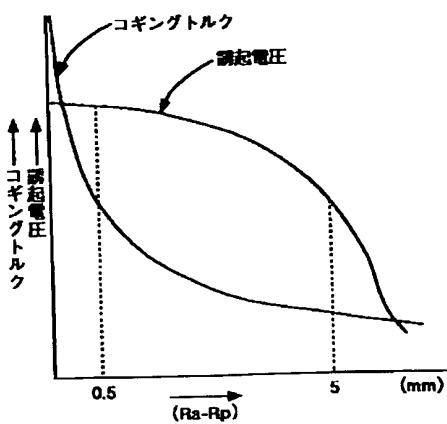
【図6】



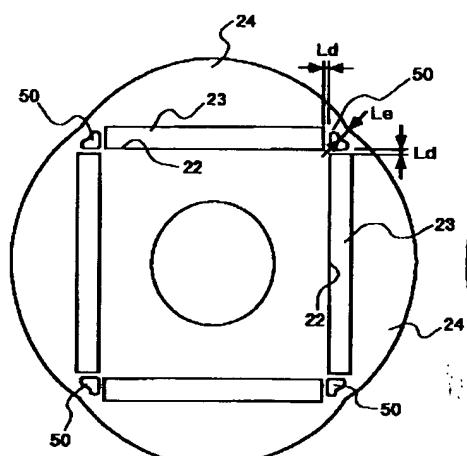
【図8】



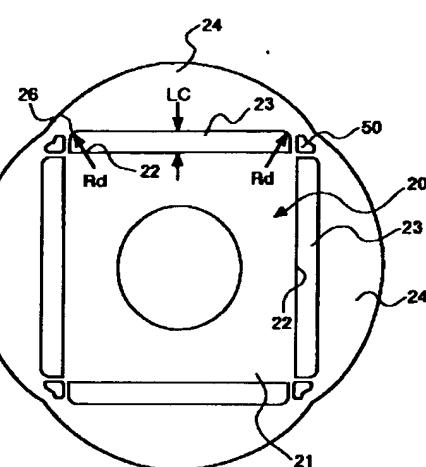
【図9】



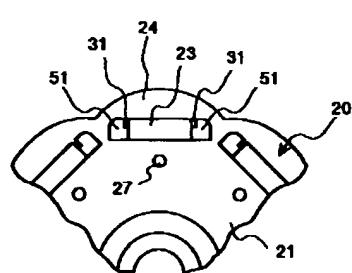
【図10】



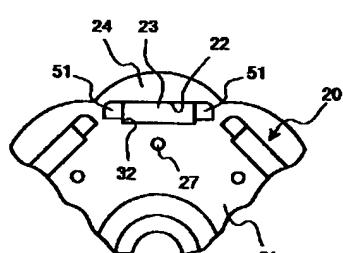
【図11】



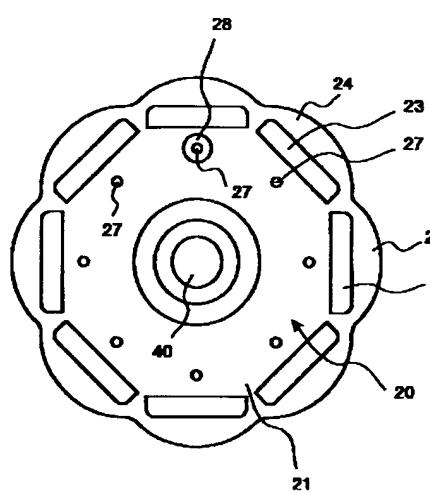
【図18】



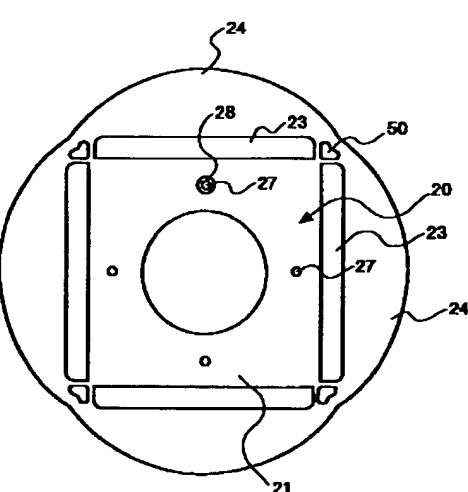
【図19】



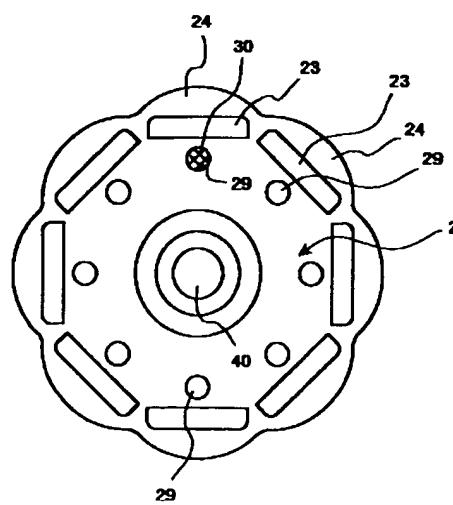
【図12】



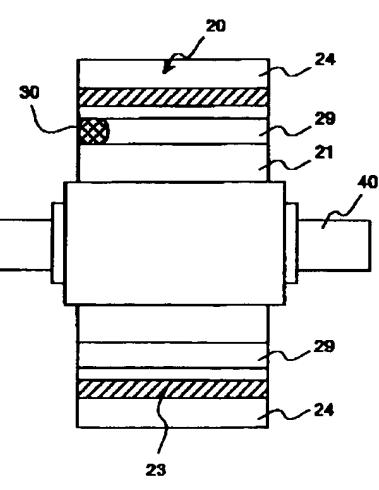
【図14】



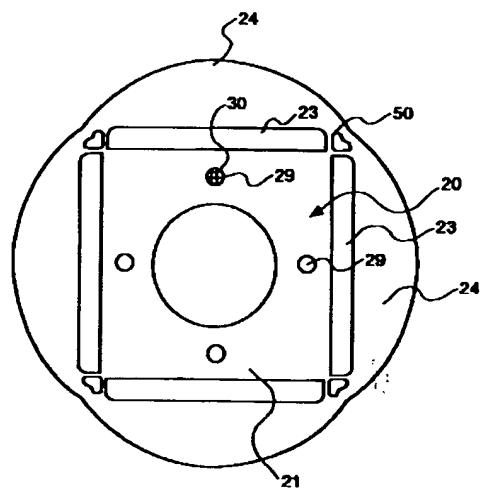
【図15】



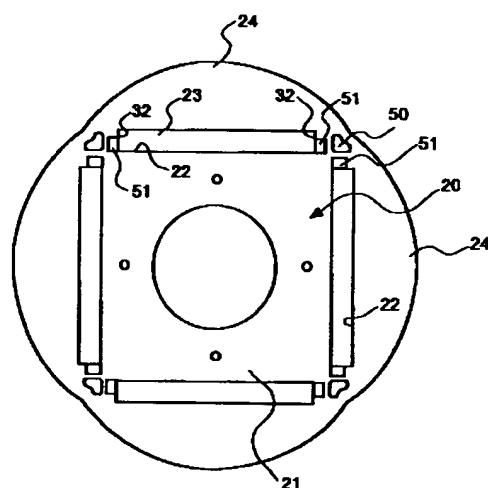
【図16】



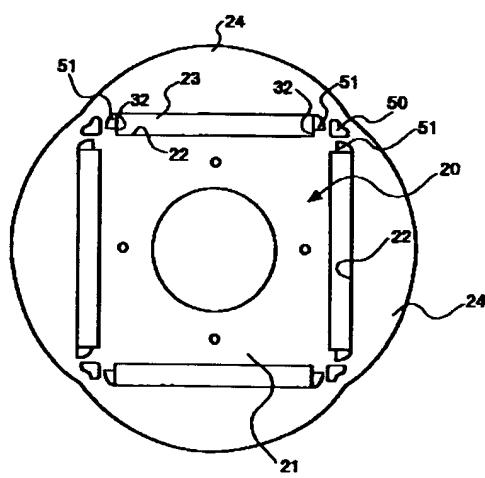
【図17】



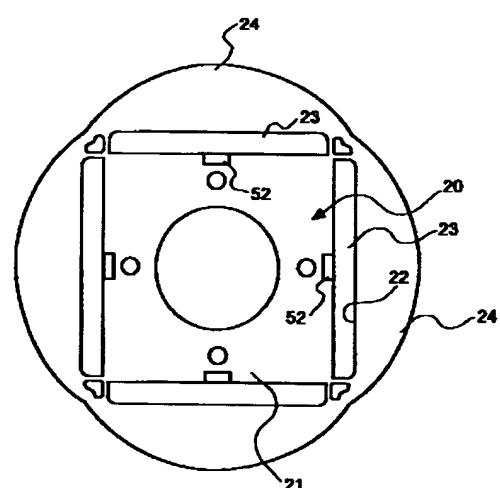
【図20】



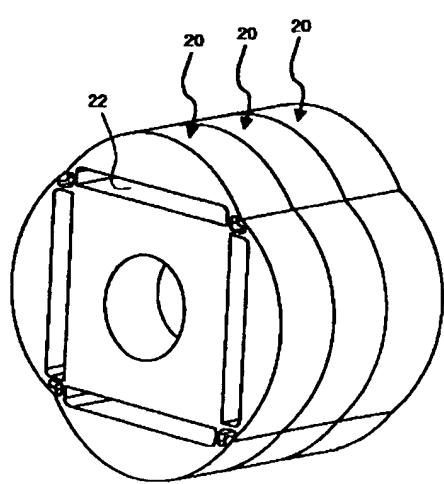
【図21】



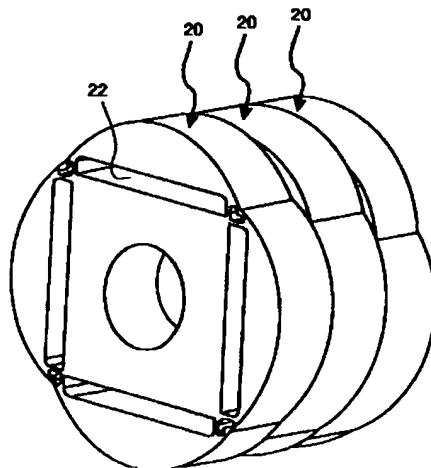
【図22】



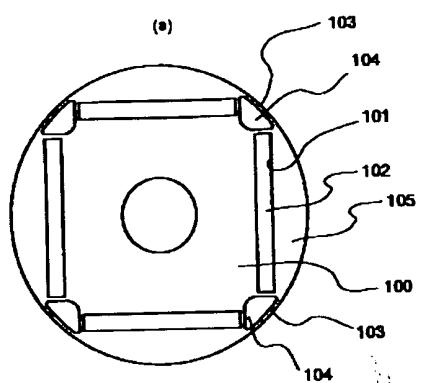
【図23】



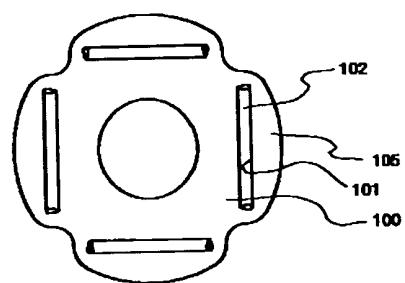
【図24】



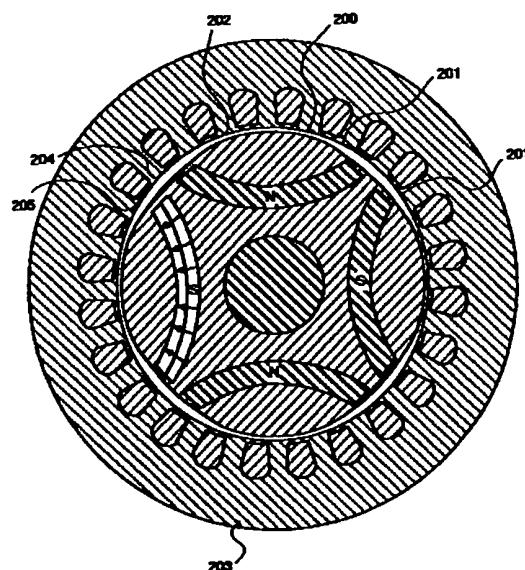
【図25】



(b)



【図26】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7

識別記号

F I

テーマコード(参考)

)

H 02 K 21/14

H 02 K 21/14

M

Fターム(参考) 5H615 AA01 BB01 BB14 BB16 PP02
 PP07 PP21 SS03 SS05 SS51
 TT05
 5H621 AA02 GA01 GA04 GA16 HH01
 HH09 JK02 JK05
 5H622 AA02 CA02 CA05 CA13 CA14
 CB05 CB06 DD02 PP03 PP10
 PP11 PP19 QB03